

## 認識プログラミング言語 EPLAS の改善

相馬 亮太† 三浦 隆太† 奥山 龍一† 後藤 祐一†

埼玉大学 大学院理工学研究科 数理電子情報系専攻

### 1. はじめに

科学者の科学的発見を支援するために、科学者の認識過程をプログラムする新しいプログラミングパラダイムとして、認識的プログラミングが提案された[1, 2]. 認識的プログラミングは条件文を計算の対象とし、基本的な認識的操作を計算の基本操作とし、認識過程をプログラミングの対象とする. ある主体が明示的に知覚している知識や事実や仮定を信念という. 認識状態はある主体のある時点での信念の集合である. 認識過程とは認識状態が認識的操作によって遷移する過程である. 認識状態を $K_i (0 \leq i \leq n)$ と表し、認識的操作を $o_i (1 \leq i \leq n)$ とすると認識過程は $K_0, o_1, K_1, o_2, \dots, K_{n-1}, o_n, K_n$ と表すことができる. このとき、初期認識状態 $K_0$ を入力とし、最終認識状態 $K_n$ を出力とする. 認識的操作は認識状態を変更させる操作であり、以下の3つが基本的操作となる. 1) 認識的演繹 現在の信念集合 $K$ から導出される信念 $A$ を $K$ に加える. 2) 認識的拡張 現在の信念集合 $K$ から導出されない信念 $A$ を $K$ に加える. 3) 認識的縮約 現在の信念集合 $K$ から信念 $A$ を取り除く. 認識的プログラムは、ある主体の認識課程を模倣するプログラムである.

従来のプログラミング言語は、信念や認識状態を基本データ型として、認識的操作を基本操作として提供していない. また、推論規則を表すデータ型や推論操作も基本操作として提供されていない. そのため認識的プログラミングのためのプログラミング言語として EPLAS が Takahashi らによって提案された[9]. また、その処理系が Fang らにより実装された[5].

一方、認識的プログラミングは情報マイニング[6]の支援方法としても期待されている. 情報マイニングとは、データマイニングにより発見された興味深いパターンから知識を獲得するプロセスである. 興味深いパターンから知識を獲得するプロセスは科学的発見の認識過程とみなすことができる. そのため、分析者は認識的プログラミングを使うことで情報マイニングのシミュレート環境を整えることができると考えら

れる[6]. しかし、情報マイニングにおいて認識的プログラミングおよびEPLASを利用できることを確認する事例研究はこれまで行われてこなかった.

本研究では、認識的プログラミングおよびEPLASが情報マイニングの支援方法に利用できるかどうかを推理小説を題材とした事例研究を通して検討し、その検討結果を活かして、EPLASおよびその処理系の改善を行った. これにより、EPLASの使用性を向上させることができた.

### 2. 推理小説を題材とした事例研究

現在の認識的プログラミングが情報マイニングの支援方法として十分であるかの評価を行うため、推理小説を題材として、認識的プログラミングの事例研究を行った. 推理小説は探偵が「知らない状態」から「知っている状態」へと遷移する発見の過程が含まれていて、適度に複雑であるため、事例研究の題材として適している. その手順は以下の通りである.

1. 小説から探偵の認識過程を再現するために必要な情報を抜き出す.
2. 論理式を用いて抜き出した情報を形式化する.
3. 形式化した情報のみを用いて対象とする情報が推論可能であるか確認する.
4. 推論過程を認識的プログラミングモデルにモデリングする.
5. 探偵の認識過程を EPLAS を用いてプログラミングする.

その結果、論理式を用いた形式化を行う際に定量的表現や伝聞を含む表現を一階述語の範囲で扱うことが困難であること、認識的拡張によって推論の結論を獲得する場合、どの仮定や事実を認識的拡張で行うかを分析者が自分で推論を行って考える必要が出てしまうこと、共通因子による論理式の結合と帰納推論を行うにあたって現在のEPLASに不足している操作が存在することが問題として挙げられた.

他の問題点として、認識的操作をはじめとした特殊な機能が記号のみの演算子で実装されている点、また一つの演算子に二つ以上の役割を持たせている点、プログラムの可読性に影響していることが確認された. その改善案として、

Improvement of EPLAS: an Epistemic Programming Language for All Scientists

† Ryota Soma and Ryuta Miura and Ryuichi Okuyama and Yuichi Goto, Saitama University

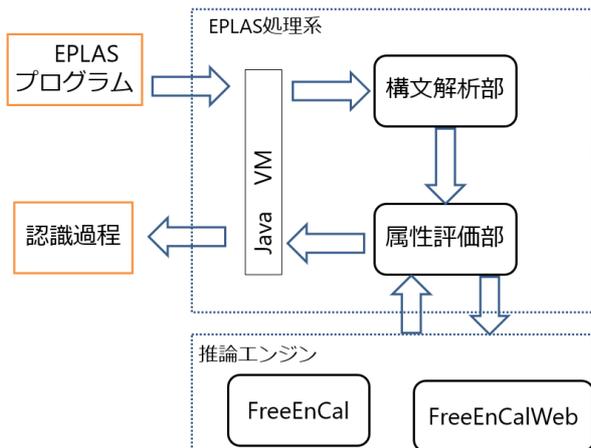


図 1: EPLAS 処理系

特殊な機能や一つの演算子に重複した処理を関数として実装することが挙げられた。

### 3. EPLAS とその処理系の改善

事例研究を通して明らかになった現在の EPLAS の課題を改善するため、EPLAS の言語仕様を拡張した。そして、あらたに 15 の基本関数および共通因子による論理式の結合と帰納推論を行える関数を付け加えた。

次に仕様の拡張に対応できるように EPLAS 処理系の再実装を行った。EPLAS 処理系は、Java を用いて実装されている。Feng らにより実装された処理系は古いバージョンの Java で実装されていたため、まず、最新の Java 実行環境で正常に動作する処理系を新たに実装した。

次に処理系をより利用しやすいものとした。EPLAS 処理系は、構文解析部と属性評価部の 2 部構成となっている (図 1)。構文解析部でパーサジェネレータに文法ファイルを入力して構文解析木を生成し、属性評価部は構文解析木から属性を評価する。現在構文解析部にはパーサジェネレータである ANTLR[8]が利用されている。EPLAS プログラム中の認識的演繹は汎用前向き推論エンジン FreeEnCal を用いて実行している。FreeEnCal[4]は強相関論理[2, 3]に基づく前向き推論を自動的に行うためのツールである。FreeEnCal を HTTP 経由で利用できる FreeEnCalWeb[7]が開発されている。処理系の再実装の際には FreeEnCal だけでなく、FreeEnCalWeb を推論エンジンとして利用できるように改善も行った。

以上の EPLAS の仕様の拡張と関数の追加により共通因子による論理式の結合と帰納推論を EPLAS プログラム上で行えるように改良した。また背理法などの推論方法をライブラリとして呼び出せるようにした。

### 4. まとめと今後の課題

認識的プログラミング言語 EPLAS を科学的発見や情報マイニングの支援に使用するために、事例研究を行った。そして、事例研究を通して明らかになった課題に基づき EPLAS 仕様の拡張および、EPLAS 処理系の改良を行った。その結果、EPLAS はより記述能力の高いプログラミング言語となった。

今後の課題として、伝聞を含む表現を複数の認識過程を扱うことで表現できるようになるかを検証することを考えている。

### 参考文献

- [1]J. Cheng: Epistemic Programming - Toward a New Programming Paradigm for Scientific Discovery, Proc. ICSMC 1996, pp. 2400-2406, Beijing, China, IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society, October 1996.
- [2]J. Cheng: A Strong Relevant Logic Model of Epistemic Processes in Scientific Discovery, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Vol. 61, pp. 136 - 159, IOS Press, February 2000.
- [3] J. Cheng: Strong Relevant Logic as the Universal Basis of Various Applied Logics for Knowledge Representation and Reasoning, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Vol. 136, pp. 310-320, IOS Press, February 2006.
- [4] J. Cheng et al.: FreeEnCal: A Forward Reasoning Engine with General-Purpose, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 4693, pp. 444-452, Springer-Verlag, September 2007.
- [5] W. Fang et al.: Practical Implementation of EPLAS: An Epistemic Programming Language for All Scientists, Proc. ICMLC 2011, pp. 608-616, Guilin, China, IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society, July 2011.
- [6]Y. Goto: Information Mining for Big Information, Studies in Big Data, Vol. 8, pp. 23-38, Springer International Publishing, September 2014.
- [7]T. Otsuka et al.: FreeEnCal Web: a Web Service of Automated Forward Reasoning for General-purpose, Proc. SmartWorld 2018, pp. 180- 185, Guangzhou, China, IEEE-CS, Oct 2018.
- [8]T. Parr: ANTLR, <https://www.antlr.org/> (参照 2023-1-13).
- [9]I. Takahashi et al.: EPLAS: An Epistemic Programming Language for All Scientists, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 4487, pp. 406-413, SpringerVerlag, May 2007.